

HIỆN TƯỢNG QUANG ĐIỆN. THUYẾT LƯỢNG TỬ ÁNH SÁNG

A. Lý thuyết

I. Hiện tượng quang điện

1. Thí nghiệm của Héc về hiện tượng quang điện

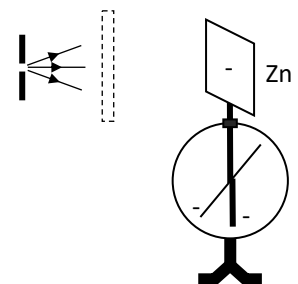
- Chiếu ánh sáng hồ quang vào tấm kẽm tích điện âm làm bật electron khỏi mặt tấm kẽm.

2. Định nghĩa

- Hiện tượng ánh sáng làm bật các electron ra khỏi mặt kim loại gọi là hiện tượng quang điện (ngoài).

3. Nếu chắn chùm sáng hồ quang bằng một tấm thủy tinh dày thì hiện tượng trên không xảy ra

→ bức xạ tử ngoại có khả năng gây ra hiện tượng quang điện ở kẽm.



II. Định luật về giới hạn quang điện

- *Định luật:* Đối với mỗi kim loại, ánh sáng kích thích phải có bước sóng λ ngắn hơn hay bằng giới hạn quang điện λ_0 của kim loại đó, mới gây ra được hiện tượng quang điện.

- Giới hạn quang điện của mỗi kim loại là đặc trưng riêng cho kim loại đó.

- Thuyết sóng điện từ về ánh sáng không giải thích được mà chỉ có thể giải thích được bằng thuyết lượng tử.

III. Thuyết lượng tử ánh sáng

1. Giả thuyết Plăng

- Lượng năng lượng mà mỗi lần một nguyên tử hay phân tử hấp thụ hay phát xạ có giá trị hoàn toàn xác định và hằng hf ; trong đó f là tần số của ánh sáng bị hấp thụ hay phát ra; còn h là một hằng số.

2. Lượng tử năng lượng

$$\varepsilon = hf$$

h gọi là hằng số Plăng:

$$h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{J.s}$$

3. Thuyết lượng tử ánh sáng

a. Ánh sáng được tạo thành bởi các hạt gọi là photon.

- b. Với mỗi ánh sáng đơn sắc có tần số f , các photon đều giống nhau, mỗi photon mang năng lượng bằng hf .
- c. Photon bay với tốc độ $c = 3.10^8 \text{m/s}$ dọc theo các tia sáng.
- d. Mỗi lần một nguyên tử hay phân tử phát xạ hay hấp thụ ánh sáng thì chúng phát ra hay hấp thụ một photon.

4. Giải thích định luật về giới hạn quang điện bằng thuyết lượng tử ánh sáng

- Mỗi photon khi bị hấp thụ sẽ truyền toàn bộ năng lượng của nó cho 1 electron.
- Công để “thăng” lực liên kết gọi là *công thoát* (A).
- Để hiện tượng quang điện xảy ra:

$$hf \geq A \text{ hay } h \frac{c}{\lambda} \geq A$$

$$\rightarrow \lambda \leq \frac{hc}{A},$$

$$\text{Đặt } \lambda_0 = \frac{hc}{A} \rightarrow \lambda \leq \lambda_0.$$

IV. Lưỡng tính sóng - hạt của ánh sáng

- Ánh sáng có lưỡng tính sóng - hạt.

B. Bài tập

1. Thuyết lượng tử ánh sáng - Hiện tượng quang điện ngoài.

* Công thức:

+ Chùm ánh sáng là một chùm các photon. Mỗi photon có năng lượng $\varepsilon = hf = \frac{hc}{\lambda}$. Các photon bay dọc theo tia sáng với tốc độ $c = 3.10^8 \text{m/s}$ trong chân không (không có photon đứng yên). Cường độ của chùm sáng tỉ lệ với số photon phát ra trong một giây.

+ Hiện tượng quang điện ngoài là hiện tượng các electron bị bật ra khỏi bề mặt kim loại khi có ánh sáng thích hợp chiếu vào.

+ Công thức Anhtan, giới hạn quang điện:

$$hf = \frac{hc}{\lambda} = A + \frac{1}{2} m v_{0\max}^2 = \frac{hc}{\lambda_0} + W_{d\max}; \lambda_0 = \frac{hc}{A}.$$

+ Điện thế cực đại của cầu kim loại cô lập về điện đạt được khi chiếu chùm sáng

$$\text{có } \lambda \leq \lambda_0: V_{\max} = \frac{W_{d\max}}{|e|}.$$

+ Công suất nguồn sáng, hiệu suất lượng tử: $P = n_{\lambda} \frac{hc}{\lambda}; H = \frac{n_e}{n_{\lambda}}$.

*** Trắc nghiệm:**

1 (TN 2009). Công thoát electron khỏi đồng là $6,625 \cdot 10^{-19} \text{J}$. Biết hằng số Plăng là $6,625 \cdot 10^{-34} \text{Js}$, tốc độ ánh sáng trong chân không là $3 \cdot 10^8 \text{m/s}$. Giới hạn quang điện của đồng là

- A. $0,90 \mu\text{m}$. B. $0,60 \mu\text{m}$. C. $0,40 \mu\text{m}$. D. $0,30 \mu\text{m}$.

2 (TN 2011). Trong chân không, ánh sáng tím có bước sóng $0,4 \mu\text{m}$. Mỗi photon của ánh sáng này mang năng lượng xấp xỉ bằng

- A. $4,97 \cdot 10^{-31} \text{J}$. B. $4,97 \cdot 10^{-19} \text{J}$.
C. $2,49 \cdot 10^{-19} \text{J}$. D. $2,49 \cdot 10^{-31} \text{J}$.

3 (CD 2010). Một nguồn phát ra ánh sáng có bước sóng $662,5 \text{nm}$ với công suất phát sáng $1,5 \cdot 10^{-4} \text{W}$. Lấy $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{Js}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{m/s}$. Số photon được nguồn phát ra trong một giây là

- A. $5 \cdot 10^{14}$. B. $6 \cdot 10^{14}$. C. $4 \cdot 10^{14}$. D. $3 \cdot 10^{14}$.

4 (CD 2010). Một nguồn sáng chỉ phát ra ánh sáng đơn sắc có tần số $5 \cdot 10^{14} \text{Hz}$. Công suất bức xạ điện từ của nguồn là 10W . Số photon mà nguồn phát ra trong một giây xấp xỉ bằng

- A. $3,02 \cdot 10^{19}$. B. $0,33 \cdot 10^{19}$. C. $3,02 \cdot 10^{20}$. D. $3,24 \cdot 10^{19}$.

5 (CD 2012). Giới hạn quang điện của một kim loại là $0,30 \mu\text{m}$. Công thoát của electron khỏi kim loại này là

- A. $6,625 \cdot 10^{-20} \text{J}$. B. $6,625 \cdot 10^{-17} \text{J}$.
C. $6,625 \cdot 10^{-19} \text{J}$. D. $6,625 \cdot 10^{-18} \text{J}$.

6 (CD 2012). Chiếu bức xạ điện từ có bước sóng $0,25 \mu\text{m}$ vào catôt của một tế bào quang điện có giới hạn quang điện là $0,5 \mu\text{m}$. Động năng ban đầu cực đại của electron quang điện là

- A. $3,975 \cdot 10^{-20} \text{J}$. B. $3,975 \cdot 10^{-17} \text{J}$.
C. $3,975 \cdot 10^{-19} \text{J}$. D. $3,975 \cdot 10^{-18} \text{J}$.

7 (CD 2013). Công thoát electron của một kim loại bằng $3,43 \cdot 10^{-19} \text{J}$. Giới hạn quang điện của kim loại này là

- A. $0,58 \mu\text{m}$. B. $0,43 \mu\text{m}$. C. $0,30 \mu\text{m}$. D. $0,50 \mu\text{m}$.

8 (ĐH 2009). Chiếu đồng thời hai bức xạ có bước sóng $0,452 \mu\text{m}$ và $0,243 \mu\text{m}$ vào một tấm kim loại có giới hạn quang điện là $0,5 \mu\text{m}$. Lấy $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{Js}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{m/s}$ và $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$. Vận tốc ban đầu cực đại của các electron quang điện bằng

- A. $2,29 \cdot 10^4 \text{m/s}$. B. $9,24 \cdot 10^3 \text{m/s}$.
C. $9,61 \cdot 10^5 \text{m/s}$. D. $1,34 \cdot 10^6 \text{m/s}$.

9 (ĐH 2010). Công thoát electron của một kim loại là $7,64 \cdot 10^{-19} \text{J}$. Chiếu lần lượt vào bề mặt tấm kim loại này các bức xạ có bước sóng $\lambda_1 = 0,18 \mu\text{m}$, $\lambda_2 = 0,21 \mu\text{m}$ và $\lambda_3 = 0,35 \mu\text{m}$. Lấy $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{Js}$, $c = 3 \cdot 10^8 \text{m/s}$. Bức xạ nào gây được hiện tượng quang điện đối với kim loại đó?

- A. Hai bức xạ (λ_1 và λ_2).

B. Không có bức xạ nào trong ba bức xạ trên.

C. Cả ba bức xạ (λ_1 , λ_2 và λ_3).

D. Chỉ có bức xạ λ_1 .

10 (ĐH 2011). Công thoát electron của một kim loại là $A = 1,88 \text{ eV}$. Giới hạn quang điện của kim loại này có giá trị là

A. 550 nm. B. 220 nm. C. 1057 nm. D. 661 nm.

11 (ĐH 2012). Laze A phát ra chùm bức xạ có bước sóng $0,45 \mu\text{m}$ với công suất $0,8 \text{ W}$. Laze B phát ra chùm bức xạ có bước sóng $0,60 \mu\text{m}$ với công suất $0,6 \text{ W}$. Tỉ số giữa số photon của laze B và số photon của laze A phát ra trong mỗi giây là

A. 1. B. $\frac{20}{9}$. C. 2. D. $\frac{3}{4}$.

12 (ĐH 2012). Biết công thoát electron của các kim loại: canxi, kali, bạc và đồng lần lượt là: $2,89 \text{ eV}$; $2,26 \text{ eV}$; $4,78 \text{ eV}$ và $4,14 \text{ eV}$. Chiếu ánh sáng có bước sóng $0,33 \mu\text{m}$ vào bề mặt các kim loại trên. Hiện tượng quang điện **không** xảy ra với các kim loại nào sau đây ?

A. Kali và đồng.

B. Canxi và bạc.

C. Bạc và đồng.

D. Kali và canxi.

13 (ĐH 2012). Chiếu đồng thời hai bức xạ có bước sóng $0,542 \mu\text{m}$ và $0,243 \mu\text{m}$ vào catôt của một tế bào quang điện. Kim loại làm catôt có giới hạn quang điện là $0,500 \mu\text{m}$. Biết khối lượng của electron là $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$. Vận tốc ban đầu cực đại của các electron quang điện bằng

A. $9,61 \cdot 10^5 \text{ m/s}$.

B. $9,24 \cdot 10^5 \text{ m/s}$.

C. $2,29 \cdot 10^6 \text{ m/s}$.

D. $1,34 \cdot 10^6 \text{ m/s}$.

14 (ĐH 2013). Giới hạn quang điện của một kim loại là $0,75 \mu\text{m}$. Công thoát electron ra khỏi kim loại bằng

A. $2,65 \cdot 10^{-32} \text{ J}$. B. $26,5 \cdot 10^{-32} \text{ J}$. C. $26,5 \cdot 10^{-19} \text{ J}$. D. $2,65 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

15 (ĐH 2013). Giả sử một nguồn sáng chỉ phát ra ánh sáng đơn sắc có tần số $7,5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$. Công suất phát xạ của nguồn là 10 W . Số photon mà nguồn phát ra trong một giây xấp xỉ bằng

A. $0,33 \cdot 10^{20}$. B. $0,33 \cdot 10^{19}$. C. $2,01 \cdot 10^{19}$. D. $2,01 \cdot 10^{20}$.

C. Hướng dẫn giải

* Hướng dẫn HS giải bài tập trong SGK

Câu 9 trang 158: D

Câu 10 trang 158: D

Câu 11 trang 158: A

BT12/158

- Lượng tử năng lượng của ánh sáng đỏ:

$$\varepsilon_d = \frac{hc}{\lambda_d} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{75 \cdot 10^{-8}}$$

$$= 0,27 \cdot 10^{-18} J$$

- Lượng tử năng lượng của ánh sáng vàng:

$$\varepsilon_v = \frac{hc}{\lambda_v} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{75 \cdot 10^{-8}}$$

$$= 0,36 \cdot 10^{-18} J$$

BT13/158

- Công thoát của e khỏi kẽm

$$\varepsilon = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{35 \cdot 10^{-8}}$$

$$= 0,57 \cdot 10^{-20} J$$

$$A = \frac{0,57 \cdot 10^{-20}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 3,56 eV$$

*** Hướng dẫn giải bài tập trắc nghiệm**

1. $\lambda_0 = \frac{hc}{A} = 3 \cdot 10^{-7} m$. Đáp án D.
2. $\varepsilon = \frac{hc}{\lambda} = 49,7 \cdot 10^{-20} J$. Đáp án B.
3. $P = n_\lambda \frac{hc}{\lambda} \Rightarrow n_\lambda = \frac{P\lambda}{hc} = 5 \cdot 10^{14}$. Đáp án A.
4. $P = n_\lambda hf \Rightarrow n_\lambda = \frac{P}{hf} = 0,302 \cdot 10^{-20}$. Đáp án A.
5. $A = \frac{hc}{\lambda_0} = 66,25 \cdot 10^{-20} J$. Đáp án C.
6. $W_{đ\max} = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda_0} = 39,75 \cdot 10^{-20} J$. Đáp án C.
7. $\lambda_0 = \frac{hc}{A} = 5,79 \cdot 10^{-7} m$. Đáp án A.
8. $W_{đ\max} = \frac{hc}{\lambda_{\min}} - \frac{hc}{\lambda_0} = 4,204 \cdot 10^{-19} J$;
 $v_{\max} = \sqrt{\frac{2W_{đ\max}}{m_e}} = 0,961 \cdot 10^6 m/s$. Đáp án C.
9. $\lambda_0 = \frac{hc}{A} = 2,6 \cdot 10^{-7} m = 0,26 \mu m$. Đáp án A.

$$10. \lambda_0 = \frac{hc}{A} = \frac{6,625 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{1,88 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 6,607 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 660,7 \text{ nm. Đáp án D}$$

$$11. P_A = n_A \frac{hc}{\lambda_A}; P_B = n_B \frac{hc}{\lambda_B} \Rightarrow \frac{n_B}{n_A} = \frac{P_B \lambda_B}{P_A \lambda_A} = 1. \text{ Đáp án A.}$$

$$12. \lambda_{0Ca} = \frac{hc}{A_{Ca}} = 0,43 \text{ } \mu\text{m}; \lambda_{0K} = \frac{hc}{A_K} = 0,55 \text{ } \mu\text{m};$$

$$\lambda_{0Ag} = \frac{hc}{A_{Ag}} = 0,26 \text{ } \mu\text{m}; \lambda_{0Cu} = \frac{hc}{A_{Cu}} = 0,30 \text{ } \mu\text{m. Đáp án C.}$$

Thật ra, chỉ cần tính giới hạn quang điện của kali và đồng là đủ.

$$13. W_{đ\max} = \frac{hc}{\lambda_{\min}} - \frac{hc}{\lambda_0} = 4,204 \cdot 10^{-19} \text{ J};$$

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2W_{đ\max}}{m_e}} = 0,961 \cdot 10^6 \text{ m/s. Đáp án A.}$$

$$14. A = \frac{hc}{\lambda_0} = 26,5 \cdot 10^{-20} \text{ J. Đáp án D.}$$

$$15. P = nhf \Rightarrow n = \frac{P}{hf} = 0,201 \cdot 10^{20}. \text{ Đáp án C.}$$